

ANALISIS KUALITAS AIR BAKU UNTUK AIR MINUM ISI ULANG DITINJAU DARI KANDUNGAN BAKTERI COLI DAN NITRAT DARI SUMBER MATA AIR DI KABUPATEN BENGKULU TENGAH

Eko Saputra¹⁾, M. Faiz Barchia²⁾ dan Agus Martono³⁾

¹⁾ Program Studi Pasca Sarjana Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan,
Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

²⁾ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

³⁾ Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Bengkulu

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kandungan bakteri coli dan nitrat air baku untuk depot air minum isi ulang. Data kandungan bakteri coli dan nitrat dibandingkan dengan standard yang diatur dalam Permenkes no 416/PER/TX/1990. Lokasi pengambilan sampel dipilih secara sengaja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 5 dari keseluruhan 12 sampel tercemar total coli dan 3 sampel tercemar fecal coli, yang melebihi ambang batas. Lebih tingginya total coli daripada fecal coli menunjukkan bahwa lokasi sumber air tercemar oleh sampah tumbuhan, sisa makanan, dan bangkai binatang yang merupakan substrat utama bagi pertumbuhan bakteri coli. Seluruh sampel (12) mengandung nitrat, tetapi masih di bawah ambang batas yang aman.

Kata kunci: sumber air, sifat bakteriologis, kandungan nitrat, air minum

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan semua makhluk hidup. Saat ini masalah utama yang kita hadapi terbatasnya sumber daya air meliputi kuantitas dan kualitas air untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Kegiatan industri, domestik dan kegiatan lain menyebabkan penurunan kualitas air, yang dapat menimbulkan gangguan bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan dan perlindungan sumber daya air yang baik (Effendi, 2003).

Air dari sumber alam yang masuk dalam tubuh manusiamungkin tercemar oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat-zat berbahaya. Walaupun bakteri

dapat dibunuh dengan memasak air hingga 100°C, banyak zat berbahaya, terutama logam, tidak dapat dihilangkan dengan cara ini. Pengadaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari khususnya untuk penyediaan air minum harus memenuhi persyaratan yang diatur dalam Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/TX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Dengan kata lain bahwa air yang digunakan atau dikonsumsi harus memenuhi persyaratan baik secara kualitas maupun kuantitas.

Air baku untuk depot Air Minum Isi Ulang di Kota Bengkulu berasal dari sumber mata air yang berasal dari Kabupaten Bengkulu Tengah dimana masih banyak lahan-lahan pertanian yang produktif yang menghasilkan limbah

pertanian dari penggunaan pupuk. Limbah pertanian padat maupun cair yang berasal dari perembesan saluran drainase, dapat mencemari air tanah melalui infiltrasi dan perkolasi. Pencemaran oleh limbah pertanian ini ditandai oleh tingginya kadar nitrat, fosfat, dan terdapatnya pestisida dalam air tanah (Nana dan Ratna, 1991).

Kualitas air ditandai dengan terdeteksinya kehadiran beberapa polutan diantaranya polutan nitrat yang sangat berhubungan dengan kegiatan manusia seperti pembuangan limbah domestik, dan penggunaan pupuk yang berlebihan. Mengingat begitu pentingnya air minum maka perlu diadakan pengawasan mutu baik itu biologi, kimia maupun radioaktif untuk melindungi konsumen dari akibat buruk yang ditimbulkan jika tidak memenuhi syarat kesehatan.

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai gambaran kualitas air baku untuk air minum isi ulang khususnya kandungan bakteri coli dan nitrat pada air baku yang digunakan depot air minum isi ulang, peneliti melakukan penelitian tentang kualitas air baku untuk air minum isi ulang ditinjau dari kandungan bakteri coli dan nitrat.

METODA PENELITIAN

Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di desa Bukit dan di desa Lagan Bungin Kecamatan Talang Empat dan Desa Taba Penanjung Kabupaten Bengkulu Tengah Propinsi Bengkulu. Penentuan lokasi penelitian ini dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*), dengan pertimbangan Air Baku untuk Air Minum Isi Ulang diambil di wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah. Pemetaan dilakukan

dengan menyusuri tempat pengambilan Air Baku dengan menggunakan alat survey yaitu GPS (*Global Positioning System*) guna mencari titik koordinat lokasi sumber air baku. Kemudian setelah didapatkan data berupa titik-titik koordinat maka data ini akan dimasukkan kedalam system GIS guna mendapatkan sebuah peta penyebaran sumber air baku.

Pengambilan data

Populasi dalam penelitian ini adalah sumber air baku untuk air minum isi ulang yang berjumlah 12 sumber air baku yang berlokasi di desa Bukit, desa Taba Lagan Dan di desa Lagan Bungin Kecamatan Talang Empat dan Desa Taba Penanjung Kabupaten Bengkulu Tengah. Sampel dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari keseluruhan dari populasi penelitian yaitu berjumlah 12 sampel air baku. Data yang dikumpulkan adalah keberadaan bakteri *coliform* bakteri *coliform* dan nitrat dalam air.

Analisis data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer dan disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi. Data yang diperoleh dari hasil penelitian uji laboratorium dibandingkan dengan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air bersih. Salah satu indikator kualitas bakteriologis air baku untuk air minum adalah kelompok bakteri *coliform* (*total coli* atau *E.colifecal coli*).

Terdeteksinya bakteri *total coli* dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut tercemar oleh kotoran manusia dan hewan,

sedangkan fecal coli merupakan indikator yang lebih spesifik yaitu mengindikasikan adanya kontaminasi kotoran manusia. Peraturan mengenai kualitas air bersih dilihat kandungan bakteriologinya adalah Permenkes RI No. 416 / MENKES / PER / IX / 1990.

Parameter Uji	Air Bersih (Permenkes 416/1990)
Total Coli	10
Fecal Coli	0
Nitrat	10 mg/l

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi lingkungan sumber air

Kabupaten Bengkulu Tengah secara administrasi termasuk dalam wilayah Propinsi Bengkulu yang terletak posisi antara 102° 11' 24" - 102° 37' 12" Bujur Timur dan 3° 28' 48" - 3° 51' 36" Lintang Selatan yang meliputi 10 (sepuluh) kecamatan 133 desa dan 1 (satu) kelurahan, dengan jumlah penduduk 104.188 jiwa dan luas wilayah berdasarkan Geografic Information System (GIS) 1.223,94 Km². Sebagian besar wilayahnya merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian mencapai 541 m dpl.

Peta Hidrogeologi Lembar Bengkulu, skala 1:250.000 menunjukkan bahwa sebagian besar kawasan ini memiliki potensi air tanah dengan produktifitas sedang sampai tinggi. Demikian juga potensi air tanah dangkal di wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah umumnya tergolong sedang hingga tinggi.

Sebagian besar wilayah ini merupakan kawasan kebun campuran yang dikelola oleh rakyat, berdasarkan Peta Kawasan Hutan Provinsi Bengkulu maka fungsi kawasan di Kabupaten Bengkulu Tengah

didominasi areal penggunaan lain, kemudian hutan lindung, kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam dan hutan produksi tetap. Jenis penggunaan lahan di Kecamatan Talang Empat terdiri dari semak belukar 482,68 hektare atau 0,39 persen, kebun campuran 3.055,85 hektare atau 2,5 persen, perkebunan 258,67 hektare atau 0,21 persen, rawa 47,86 hektare atau 0,04 persen. Jenis penggunaan lahan di Kecamatan Taba Pcnanjung terdiri dari hutan primer 3.014,02 hektare atau 2,46 persen, hutan sekunder 1.763,29 hektare atau 1,44 persen, kebun campuran 24.396,05 hektare atau 19,93 persen dan ladang 243,42 hektare atau 0,2 persen.

Kualitas air

Hasil pemeriksaan laboratorium kualitas bakteriologis air baku yang diperiksa menunjukkan bahwa kandungan *total coli* dalam 12 sampel air baku sangat bervariasi yaitu berkisar antara 0 (tidak terdeteksi) sampai 280 koloni/100ml dan *fecal coli* berkisar antara 0 (tidak terdeteksi) sampai 33 koloni/100ml. Menurut standard Permenkes No 416 Tahun 1990, dari 12 sampel air baku yang diperiksa, 5 sampel (41,66%) tidak memenuhi persyaratan kandungan *total coli* dan 3 sampel (25%) yang tidak memenuhi persyaratan kandungan *fecal coli* (Tabel 1). Hasil pemeriksaan kandungan nitrat air baku 12 sampel menunjukkan bahwa semua sampel mengandung nitrat tetapi masih memenuhi persyaratan dalam Permenkes No. 416 Tahun 1990.

Air baku adalah air bersih yang dipakai untuk kebutuhan air minum, air rumah tangga dan industri. Untuk memenuhi air baku yang semakin hari semakin bertambah, maka air baku dapat diperoleh dari sungai, air tanah, air sumur

Tabel 1. Persentase Sampel Air Baku Tidak Memenuhi Syarat *Total Coli* dan *Fecal Coli* Sumber Mata Air di Kabupaten Bengkulu Tengah.

Parameter	Standar (Koloni/100ml)	N (%) Tidak Memenuhi Syarat
Total Coli	10	5 (41,66%)
Fecal Coli	0	3 (25%)

dan air hujan yang memenuhi baku mutu sesuai dengan penggunaannya (Izdihar dan Hadi, 1998). Salah satu indikator kualitas mikrobiologi untuk sumber air bersih maupun air minum adalah ada tidaknya kelompok bakteri *coliform*. Terdeteksinya bakteri *total coli* dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut tercemar oleh kotoran manusia dan hewan. Bila Total Coli dalam air ditemukan dalam jumlah yang tinggi maka kemungkinan ada bakteri patogenik seperti *Giardia* dan *Cryptosporidium* di dalamnya (Anonim, 1997).

Bakteri *koliform* adalah kelompok bakteri gram negatif yang tidak dapat membentuk spora, yang berbentuk bacillus dan ditemukan di dalam usus halus manusia. Kelompok bakteri ini juga merupakan kelompok bakteri yang bersifat *aerobik* dan *aerobik fakultatif*, dan dapat memfermentasi laktose dengan pembentukan gas CO₂ pada suhu 35°C, selama 48 jam inkubasi. Coliform sendiri sebenarnya bukan penyebab dari penyakit-penyakit bawaan air, namun bakteri jenis ini mudah untuk dikultur dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator keberadaan organisme patogen seperti bakteri lain, virus atau protozoa yang banyak merupakan parasit yang hidup dalam sistem pencernaan manusia serta terkandung dalam faeces. Organisme indikator digunakan karena ketika seseorang terinfeksi oleh bakteri patogen, orang tersebut akan mengekskresi

organisme indikator jutaan kali lebih banyak dari pada organisme patogen. Hal inilah yang menjadi alasan untuk menyimpulkan bila tingkat keberadaan organisme indikator rendah maka organisme patogen akan jauh lebih rendah atau bahkan tidak ada sama sekali (Servais, 20070).

Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap air baku yang untuk depot air minum isi ulang dari sumber mata air Kabupaten Bengkulu Tengah menunjukkan proporsi sampel yang tidak memenuhi persyaratan bakteriologi (*total coli* dan *fecal coli*) untuk air bersih menurut Permenkes No 416 Tahun 1990 cukup tinggi yaitu, 5 sampel (41,66%) tidak memenuhi persyaratan kandungan total coli dan 3 sampel (25%) yang tidak memenuhi persyaratan kandungan *fecal coli*. Hasil pemeriksaan kandungan nitrat air baku menunjukkan bahwa 12 sampel (100%) mengandung nitrat tetapi memenuhi persyaratan dalam Permenkes No. 416 Tahun 1990. Kandungan bakteri *total coli* paling tinggi sebesar 280 koloni/100ml yang terdeteksi pada sampel air baku di mata air desa Lagan Bungin, sedangkan kandungan bakteri fecal coli yang tertinggi adalah 33 koloni/100ml yang terdeteksi pada sampel air baku di mata air desa Bukit (Tabel 2 dan Tabel 3).

Semua sampel yang diperiksa, semua mengandung nitrat berkisar 0,83 mg/l sampai 2,4 mg/l yang terdeteksi pada

Tabel 2. Kualitas Bakteriologis Total Coli Air Baku Sumber Mata Air di Kabupaten Bengkulu Tengah

Kode Sampel	Satuan	Baku Mutu	Hasil
T1	Koloni/100ml	10	27
T2	Koloni/100ml	10	49
T3	Koloni/100ml	10	33
T4	Koloni/100ml	10	0
T5	Koloni/100ml	10	0
T6	Koloni/100ml	10	0
T7	Koloni/100ml	10	280
T8	Koloni/100ml	10	100
T9	Koloni/100ml	10	0
T10	Koloni/100ml	10	0
T11	Koloni/100ml	10	0
T12	Koloni/100ml	10	0

Tabel 3. Kualitas Bakteriologis Fecal Coli Air Baku Sumber Mata Air di Kabupaten Bengkulu Tengah

Kode Sampel	Satuan	Baku Mutu	Hasil
T1	Koloni/100ml	0	33
T2	Koloni/100ml	0	13
T3	Koloni/100ml	0	0
T4	Koloni/100ml	0	33
T5	Koloni/100ml	0	0
T6	Koloni/100ml	0	0
T7	Koloni/100ml	0	0
T8	Koloni/100ml	0	0
T9	Koloni/100ml	0	0
T10	Koloni/100ml	0	0
T11	Koloni/100ml	0	0
T12	Koloni/100ml	0	0

sampel air baku di mata air desa Taba Lagan (Tabel 4)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan bakteri *coliform total coli* pada air baku lebih tinggi daripada bakteri fecal coli, yang mengindikasikan bahwa pada lokasi pengamatan terdapat banyak sampah yang bersumber dari sisa-sisa tumbuhan, sisa-sisa makanan, dan bangkai bangkai hewan, yang merupakan substrat utama bagi tumbuhnya bakteri total coli. Bakteri ini bersama dengan air hujan dapat secara langsung atau meresap masuk ke lapisan tanah atas dan akhirnya masuk dan terakumulasi dalam sumber mata air. Pada lokasi pengamatan bahwa sumber air baku terdiri dari bak peresapan dan bak

penampungan dimana syarat bak penampungan harus terlindung dari sinar matahari, jamahan serangga dan tikus serta tidak menjadi tempat perindukan nyamuk². Pada sampel 1, sampel 2, sampel 3, sampel 7 dan sampel 8 bak penampungan tidak memenuhi syarat yang ditetapkan dan sanitasi lingkungan di sekitar sumber air baku masih kurang, yang dimaksud dengan sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit yang menitik bcratkan kegiatan pada usaha kesehatan lingkungan hidup manusia (Retno, 2002).

Sanitasi adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan lingkungan dari subjeknya. Untuk itu beberapa hal yang harus

Tabel 4. Kandungan Nitrat Air Baku Sumber Mata Air di Kabupaten Bengkulu Tengah

Kode Sampel	Satuan	Baku Mutu	Hasil
T1	Mg/l	10	1,78
T2	Mg/l	10	1,23
T3	Mg/l	10	2
T4	Mg/l	10	2,4
T5	Mg/l	10	1,40
T6	Mg/l	10	1,87
T7	Mg/l	10	1,9
T8	Mg/l	10	1,78
T9	Mg/l	10	1,83
T10	Mg/l	10	0,84
T11	Mg/l	10	0,83
T12	Mg/l	10	0,87

dilakukan untuk menjamin mutu air baku adalah: sumber air baku harus terlindung dari cemaran kimia dan mikrobiologi yang bisa merusak / mengganggu kesehatan; Air baku diperiksa secara berkala terhadap pemeriksaan *organoleptik* (bau, rasa, warna), fisika, kimia dan mikrobiologi.

Bila air baku yang digunakan tidak memenuhi persyaratan air bersih maka air baku ini harus diproses terlebih dahulu sampai memenuhi persyaratan air bersih. Pengolahan bakteriologis yaitu pengolahan untuk membunuh/memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam air disebut desinfeksi. Sumber air baku harus terhindar dari aktivitas manusia yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap air, ada beberapa aspek yang dapat mencemari air baku, Jamban/tempat pembuangan kotoran manusia, tempat sampah, kandang hewan. Indikator kualitas mikrobiologi yang lebih spesifik adalah *fecal coli* atau *Eschericia Coli* yang mengindikasikan adanya kontaminasi dari kotoran manusia. *Eschericia Coli* adalah salah satu bakteri patogen yang tergolong *Coliform* dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia. Jadi, adanya *Escherichia coli* dalam air menunjukkan bahwa air minum itu pernah terkontaminasi feses manusia

dan mungkin dapat mengandung patogen usus. Oleh karena itu, standar air bersih mensyaratkan *Escherichia coli* harus nol dalam 100 ml.

Penentuan *coliform fekal* menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Selain itu, mendeteksi *Coliform* jauh lebih murah, cepat, dan sederhana daripada mendeteksi bakteri patogenik lain. *E. Coli* yang masuk ke dalam saluran pencernaan dalam jumlah banyak dapat membahayakan kesehatan. Walaupun *E. Coli* merupakan bagian dari mikroba normal saluran pencernaan, tapi saat ini telah terbukti bahwa galur-galur tertentu mampu menyebabkan gastroenteritis taraf sedang hingga parah pada manusia dan hewan.

Dari segi kualitas, air dari mata air adalah sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Namun, biasanya lokasi mata air merupakan daerah terbuka, sehingga mudah terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Contohnya ditemui bakteri *E. coli* pada mata air (Fardiaz, 1992).

Dari 12 sampel air baku yang diperiksa ada 3 sampel yang terkontaminasi bakteri *Fecal Coli*, yang dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor antara lain, (1) lamanya waktu penyimpanan dalam tempat penampungan sehingga mempengaruhi kualitas sumber air baku yang digunakan, (2) tempat penampungan air baku kurang bersih, (3) kebersihan lingkungan di sekitar sumber air baku kurang diperhatikan. Sampel yang tercemar bakteri fecal coli yaitu 33 koloni/100ml berada di sumber mata air di desa Bukit Kecamatan Talang Empat, faktor yang menyebabkan sampel tercemar akibat dari rembesan *septic tank*, karena posisi sumber mata air berada di bawah pemukiman warga desa bukit sehingga sangat memungkinkan terjadi perembesan dari *septic tank* warga desa bukit yang masuk ke dalam sumber mata air.

Hasil pemeriksaan kandungan nitrat air baku menunjukkan tidak terjadinya pencemaran nitrat dari pupuk pertanian masyarakat walaupun masyarakat menggunakan pupuk pertanian yang mengandung nitrat. Perbedaan ini dapat terjadi karena adanya kontaminasi air dengan air tanah yang secara alami telah mengandung nitrat yang berasal dari proses dekomposisi bahan organik (sisa-sisa tumbuhan dan hewan) yang dapat meningkatkan kandungan nitrat. Kandungan nitrat pada sumber air baku di desa Bukit, desa Taba lagan, desa Lagan Bungin dan Taba Penanjung masih memenuhi syarat kesehatan karena masih dibawah standar yang ditetapkan menurut PERMENKES RI No. 416 / MENKES / PER / IX / 1990 kadar nitrat maksimum yang diperbolehkan yaitu 10 mg/l.

Dapat disimpulkan bahwa kegiatan pertanian warga sekitar sumber mata air

yang menggunakan pupuk tidak menjadi sumber pencemar bagi sumber mata air.

Tingginya kadar nitrat pada air minum terutama yang berasal dari sungai atau sumur di dekat pertanian juga sering menyebabkan keracunan terutama jika dikonsumsi oleh bayi. Bayi yang baru berumur beberapa bulan belum mempunyai keseimbangan yang baik antara usus dan bakteri usus. Sebagai akibatnya, nitrat yang masuk dalam saluran pencernaan akan langsung diubah menjadi nitrit yang kemudian berikatan dengan *hemoglobin* membentuk *methemoglobin*. Ketidak mampuan tubuh bayi untuk mentoleransi adanya *methemoglobin* yang terbentuk dalam tubuh mereka akan mengakibatkan timbulnya sianosis pada bayi. Pada bayi yang telah berumur enam bulan atau lebih, bakteri pengubah nitrat di dalam tetap ada walau dalam jumlah sedikit. Pada anak-anak dan orang dewasa, nitrat diabsorpsi dan disekresikan sehingga resiko untuk keracunan nitrat jauh lebih kecil.

Air dengan konsentrasi nitrat 67-1100 mg/l telah mengakibatkan *methemoglobinemia* pada bayi yang memperoleh susu yang dibuat dengan campuran air tersebut. Konsentrasi nitrat yang melebihi 45 mg/l dalam air merupakan peringatan agar berhati-hati dalam penggunaan air tersebut untuk campuran makanan/minuman untuk bayi. Jumlah nitrat yang besar dalam usus cenderung untuk berubah menjadi nitrit yang dapat bereaksi langsung dengan *hemoglobin* dalam darah membentuk *methemoglobine* yang dapat menghalangi perjalanan oksigen di dalam tubuh. Air yang mengandung kadar nitrat yang tinggi tidak dapat dibedakan dengan air yang mengandung kadar nitrat yang rendah

karena tidak ada perbedaan baik dari segi rasa, bau dan warna.

Adanya sampel air baku yang tidak memenuhi syarat secara bakteriologis dapat disimpulkan bahwa hygiene sanitasi tempat penyimpanan yang tidak memenuhi syarat, tempat penampungan air baku kurang bersih serta kebersihan lingkungan sekitar sumber air baku kurang diperhatikan.

KESIMPULAN

Sebagian besar sampel air baku untuk air minum isi ulang yang berasal Bengkulu Tengah memiliki kadar bakteri coli yang melebihi batas aman, sementara kandungan nitratnya masih memenuhi baku mutu untuk air minum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1997. *Persyaratan Teknis Industri dan Perdagangan Air Minum dalam Kemasan*. Deperindag, Jakarta
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan*, Kanisius, Yogyakarta.

- Departemen Kesehatan RI. 2002. Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MenKes/SK/VII/2002. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Izdiyar dan Hadi, F. 1998. *Air Minum*. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Nana, T. dan Ratna, H. 1991. *Kualitas Air Tanah Jakarta*. Seminar Pengembangan Air Tanah. 10 – 11 Desember 1991. PPS Keairan Teknik Sipil USAKTI. Jakarta.
- Rctno, W. 2002. *Hygiene dan Sanitasi Umum dan Perhotelan*. Jakarta. Grasindo.
- Servais, Pierre. Et al; 2007; *Fecal bacteria in the rivers of the Seine drainage network (France): Sources, fate and modeling*; Université Libre de Bruxelles; Bruxelles
- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press. Malang.